

Method for inductively heating thin-walled elongated workpieces

Patent Number: ☐ US4401485
Publication date: 1983-08-30
Inventor(s): NOVORSKY DONALD E (US)
Applicant(s): PARK OHIO INDUSTRIES INC (US)
Requested Patent: ☐ EP0070409, B1
Application Number: US19810285788 19810722
Priority Number(s): US19810285788 19810722
IPC Classification: C21D1/10 ; C21D1/18 ; C21D1/42
EC Classification: C21D1/10, C21D9/14
Equivalents: BR8204251, CA1192478, DE3265839D

Abstract

A method and apparatus of quench hardening to a desired depth the inner surface of an axially extending bore in an elongated, thin-walled workpiece having an outer, axially extending surface wherein the bore has a selected, uniform cross-sectional shape, which method and apparatus involves providing an inductor with an outer shape generally matching, but smaller than, the cross-sectional shape of the bore, supporting the workpiece with the axis extending vertically, energizing the inductor with a known frequency and at a selected power level, moving the energized inductor downwardly through the bore to inductively heat the inner surface progressively while applying no fluid quench to the inner surface, letting the workpiece cool and then moving the inductor upwardly through the bore to progressively heat the inner surface while progressively liquid quenching the inner surface immediately below and after the progressive heating operation.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Claims

Having thus described the invention, the following is claimed:

1. A method of quench hardening to a selected depth the inner surface of an axially extending bore in an elongated, thin-walled workpiece having an outer, axially extending surface, which bore has a selected, uniform cross-sectional shape in a direction transverse to the elongated axis of said workpiece and bore, said method comprising the steps of: (a) providing an inductor with an outer shape generally matching, but smaller than, said cross-sectional shape; (b) supporting said workpiece with said axis extending vertically; (c) energizing said inductor with a known frequency and a selected power level; (d) moving said energized inductor downwardly through said bore to inductively heat said inner surface progressively while applying no fluid quench to said inner surface; (e) then immediately moving said inductor upwardly through said bore to progressively heat said inner surface; and, (f) progressively liquid quenching said inner surface immediately below and after said progressive heating of said inner surface upwardly.
2. The method as defined in claim 1 including the step of quenching said outer surface with a fluid during said inductive heating downwardly through said bore.
3. The method as defined in claim 2 including the step of quenching said outer surface with a fluid during said inductive heating upwardly through said bore.
4. The method as defined in claim 1 including the step of quenching said outer surface with a fluid during said inductive heating upwardly through said bore.
5. The method as defined in claim 1 including the step of energizing said inductor during said inductive heating upwardly at said known frequency.
6. The method as defined in claim 5 including the step of energizing said inductor during said inductive heating upwardly at said selected power level.
7. The method as defined in claim 1 including the step of energizing said inductor during said inductive heating upwardly at said selected power level.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Description

The present invention relates to the art of induction heating and more particularly to a method and apparatus for using induction heating to harden the inner surface of a bore extending through a thin-walled, elongated workpiece.

BACKGROUND OF THE INVENTION

The present invention is particularly applicable for inductively heating the three-lobed internal bore or passage in a thin-walled steel workpiece used in the drive assembly of a front wheel driven vehicle and it will be described with particular reference thereto; however, the invention has broader applications and may be used for surface hardening the bore extending through thin-walled workpieces, irrespective of the profile or shape of the bore defining the inner surface. Although the method hardens only selected axially extending areas of the bore, it could be used to harden the total inner surface of the bore.

It is somewhat common practice to harden the inner cylindrical surface of various bores, such as the hub on a wheel, by providing a circular inductor matching the cylindrical inner surface and generally smaller in diameter so that a coupling gap is established between the inductor and the inner surface. This inductor is energized and moved along the cylindrical surface to heat progressively and by induction the cylindrical surface. The surface is hardened by providing a quench body below the inductor which directs a quenching liquid outwardly to quench harden the previously heated portion of the cylindrical surface. This is standard practice and has been used for many years. To provide uniform, progressive heating and quench hardening, it is also known to rotate the workpiece about the central axis of the cylindrical bore so that the progressing inductor and its quench body act upon a rotating cylindrical surface. When this procedure is employed for workpieces having a substantial amount of metal mass around the cylindrical surface, the cylindrical surface is not substantially distorted by the progressive heating and quench hardening. As the mass surrounding the cylindrical surface is decreased to a thin-walled structure, such as where the depth of hardening is about 50% of the total wall thickness, axial distortion often occurs during the progressive hardening procedure. Thus, the cylindrical surface must be ground after hardening if precise dimensions are to be retained. In some instances, even with heavier wall thicknesses, grinding is necessary to obtain a straight cylindrical bore after hardening of the inner surface.

The combined progressive heating and quench hardening together with a subsequent grinding operation has been successful when the thin-walled workpiece has a bore with a cylindrical surface. Extreme difficulties have been experienced when the bore extending through the thin-walled workpiece is not cylindrical. The inner surface of a non-cylindrical bore extending through a thin-walled workpiece cannot be economically ground to correct any distortions in an axial direction. This inability to correct distortion created by progressive hardening of a non-cylindrical bore in a thin-walled workpiece is even more pronounced as the axial length of a bore increases. For these reasons, progressive heating and subsequent quench hardening of an axially extending bore through a thin-walled workpiece, when the bore is non-cylindrical, has not been able to be used when tolerances such as 0.001 to 0.003 inches are to be maintained over a length of four to six inches. Consequently, substantial difficulty has been experienced in surface hardening the internal, three-lobed bore for the outer housing of a front wheel drive mechanism in a motor vehicle. This elongated housing, known generally as a "tripot housing" requires a close tolerance in an axial direction after hardening. Internal machining is not practical.

THE INVENTION

The present invention relates to a method and apparatus which is adapted for surface hardening the internal surface or bore of a tripot housing to produce a non-tapered inner surface, even though the wall thickness around the bore is only approximately twice the desired depth of the hardness pattern necessary to develop the needed wear characteristics. The invention will be described with particular reference to this workpiece; however, the invention can be used for surface hardening areas of various elongated bores extending in and through thin-walled workpieces, whether or not the surface is cylindrical or non-cylindrical.

In accordance with the present invention, there is provided a method of preparing an elongated, thin-walled workpiece with an outer axially extending surface and an inner axially extending surface, which inner surface is defined by an axially extending bore having a selected, uniform cross-sectional shape in a direction transverse to the elongated axis of the workpiece. This method includes providing an inductor with an outer shape generally matching, but smaller than, the cross-sectional shape of the bore, at least in the areas to be hardened, energizing the inductor with a known frequency and at a selected power level and moving the energized inductor axially through the bore to inductively heat the inner surface areas while liquid quenching only the outer surface. The workpiece is pretapered and can then be progressively heated by scanning the inductor in the appropriate direction.

In accordance with another aspect of the present invention, there is provided an apparatus for quench hardening to a selected depth the inner surface of an axially extending bore in an elongated, thin-walled

workpiece having an outer, axially extending surface, which bore has a selected cross-sectional shape in a direction transverse to the elongated axis of the workpiece and bore. This apparatus includes an inductor with an outer shape generally matching, but smaller than, the cross-sectional shape of the bore; means for supporting the workpiece with the axis extending vertically; means for energizing the inductor with a known frequency and a selected power level; means for moving the energized conductor downwardly through the bore to inductively heat at least a portion of the inner surface progressively while applying no fluid quench to the inner surface; means for moving the inductor upwardly through the bore to progressively heat the inner surface thereof; and, means for progressively liquid quenching the inner surface immediately below and after the progressive heating of the inner surface upwardly.

In accordance with another aspect of this invention, means for selectively quenching the outer surface continuously during both the upward and downward scanning of the inductor with respect to the inner bore. In accordance with the invention, the scanning of the inductor in the bore can be accomplished by moving the workpiece axially along the axis of the bore or by moving the inductor axially along this axis. In each instance, the inductor is moved through the bore in a first direction for heating the inner surface and in the opposite direction for heating and quenching the inner surface. By utilizing this apparatus and the method performed by the apparatus, the inner bore remains straight within acceptable tolerances of less than 0.003 inch taper in approximately 80 millimeters of length. In accordance with another aspect of the invention, the heating scan in one direction through the bore and the heating and quenching scan in the other direction may be spaced from the ends of the bore so that the hardness pattern is spaced from the ends of the bore.

The primary object of the present invention is the provision of a method and apparatus for hardening the inner surface of an elongated bore extending through a thin-walled elongated workpiece, which method and apparatus does not produce appreciable taper in the workpiece.

Still a further object of the invention is the provision of a method and apparatus, as defined above, which method and apparatus utilizes a first scanning operation for heating the inner surface of the bore and then a second scanning operation in the opposite direction with both progressive heating and quench hardening.

Still a further object of the present invention is the provision of a method and apparatus, as defined above, which method and apparatus also employs a continuous liquid quenching of the outer surface of the workpiece during the dual scan so that the workpiece will be cooled after the first scan and before the second scan.

Still another object of the present invention is the provision of a method and apparatus, as defined above, which method and apparatus results in a relatively straight, hardened surface for the bore with an acceptable hardness pattern.

Yet a further object of the present invention is the provision of a method and apparatus, which method and apparatus can be used when the cross-sectional profile of the axially extending bore is not circular.

Still another object of the present invention is the provision of a method and apparatus, which method and apparatus can be performed with a single inductor without changing the orientation or axial position of the workpiece. Such positional changes could result in less uniformity of the end result.

These and other objects and advantages will become apparent from the following description taken together with the accompanying drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

In the present specification, the following drawings are incorporated:

FIG. 1 is a pictorial view of the tripot used in the front drive assembly of an automobile having a front wheel drive mechanism;

FIG. 2 is a cross-sectional view showing, schematically, an approach for inductively heating and quench hardening the center bore of the workpiece shown in FIG. 1;

FIG. 3 is a cross-sectional view of the workpiece shown in FIG. 1 after it has been processed in accordance with the procedure set forth in FIG. 2;

FIG. 4 is a view similar to FIG. 2 showing the first scanning operation used in the method and apparatus of the present invention;

FIG. 5 is a cross-sectional view of the workpiece shown in FIG. 1 after the step illustrated in FIG. 4 has

been performed.

FIG. 6 is a top view showing the inductor employed in the preferred embodiment of the present invention, and having a cross-section line 2--2 generally corresponding to the area of cross-sectioning shown in FIGS. 2 and 4;

FIG. 7 illustrates the preferred embodiment of an inductor and quench body employed in practicing the invention; and,

FIG. 8 and FIG. 9 are graphs showing the hardness at increased depths of the surface processed by the present invention.

PREFERRED EMBODIMENT

Referring now to the drawings, wherein the showings are for the purpose of illustrating the preferred embodiment of the invention only and not for the purpose of limiting same, FIG. 1 shows an elongated, thin-walled workpiece A having a generally circular upper end 10, a generally circular lower end 12 and an elongated bore B having a uniform cross-section in a transverse direction between ends 10, 12. In the workpiece A for which the invention is to be used, the elongated bore B has a uniform cross-section in a transverse direction, which cross-section includes three equally spaced lobe areas 20, 22 and 24, best shown in FIG. 6. These lobes make the bore B non-circular; however, the present invention is also applicable to a circular cross-sectioned bore having a cylindrical inner surface. Since lobe areas or sections 20, 22 and 24 are essentially identical, only section 20 will be described in detail and this description will apply equally to the other sections. Lobe 20 has opposed walls 30, 32 and an end wall 34, all of which have essentially the same thickness. Walls 30, 32 are spaced from each other and include inner facing surfaces 30a, 32a respectively. These surfaces are somewhat concave and are to be provided with a hardness pattern P extending along the arcuate surfaces 30, 32 and generally between ends 10, 12. Walls 30, 32 also include outer surfaces 30b, 32b which are generally parallel to inner surfaces 30a, 32a and are spaced from each other a distance approximately twice the thickness of the hardness pattern P. In practice, the height of the workpiece is approximately 80.0 millimeters and the hardness pattern is approximately 9.80 millimeters from the top of the workpiece and 9.20 millimeters from the bottom of the workpiece. The thickness of walls 30, 32 and 34 is approximately 4.5 millimeters, the hardness pattern P is to have a depth of approximately 2.3 millimeters. An upper groove 50 has an axial height of approximately 3.0 millimeters and the edge of end 10 is approximately 7.0 millimeters. The inner diameter of the bore, not including the lobes, is approximately 51.0 millimeters. The radial length of the heating pattern P along surfaces 30, 32 is approximately 16.0 millimeters which covers these surfaces. Pattern P extends in a strip axially through the workpiece and along walls 30, 32. A lower recess 52 is approximately 4.0 millimeters in depth and has a diameter of approximately 86.5 millimeters. The diameter of the workpiece is approximately 92.5 millimeters. Material of the workpiece is SAE 1050 M steel. This information regarding the workpiece can be determined by inspection of the workpiece and is submitted herein to explain in detail the particular workpiece to which the present invention is directed. The depth of the pattern P in a thin-walled workpiece is at least about 30% of the total thickness of the wall on which the pattern is created and generally about 50% of the thickness. In this manner, quenching from the outside walls 30a, 30b can be used to cool the workpiece after it has been progressively heated. The cooling occurs from the outside surface toward the inner surface. This feature will be explained later.

The present invention relates to a method and apparatus for creating the hardness pattern P in the spaced surfaces 30, 32 of the various lobe sections or areas 20, 22 and 24 of workpiece A, without more than about 0.003 inch runout or taper between ends 10, 12. In practicing the present invention, there is provided an inductor C including lower inductor loops 150, 152 and 154 generally matching and spaced inwardly from the various surfaces in lobe areas 20, 22 and 24, respectively. Only loop portion 150 will be described in detail and this description will apply equally to the other loop portions 150, 152 and 154 of conductor C. Loop 150 includes an inductor 160, best shown in FIG. 6, and is energized by high frequency power source through leads 162, 164 which connects conductors 160 of all loops 150, 152 and 154 in electrical series. In practice, a motor generator set 170 has fishtails or leads 172, 174 adapted to be connected across leads 162, 164 for creating an alternating current flow through loops 150, 152 and 154. This current inductively heats the various surfaces 30a, 32a. The outer contour of conductor 160 is spaced from surfaces 30a, 32a a distance G, which distance is generally in the range of 0.030 to 0.040 inches or any other spacing to produce the desired flux coupling between conductor 160 and surfaces 30a, 32a as the inductor is moved relative to these surfaces. As can be seen in FIG. 6, conductor 160 is spaced from wall 34 a distance X which distance is substantially greater than the coupling gap G so that conductor 160 does not heat the inner surface of wall 34 to a temperature sufficient for subsequent hardening. To provide progressive quenching, each of the lobes includes downwardly extending quench housing 200 below conductors 160 and including a plurality of orifices 202 connected to an inner cavity 204. Leads 162, 164 and conductors 160 are hollow and interconnected in a series fashion so that fluid supplied from an appropriate supply source 210 can be circulated through the electrical circuit of inductor C for the purpose of preventing undue heating of the inductor. Support means 220, 222 and 224 combine

with rigid leads 162, 164 to fix inductor C in a vertical direction. Beams 220, 222, 224 are hollow and each are connected to a common supply of quenching liquid 226 connected by appropriate piping 228 so that selectively, supply 226 can be energized to direct quenching liquid through quench housing 200, which have the openings 202 facing surfaces 30a, 32a. Selective energizing of quench supply 226 to perform the present invention can be by any appropriate control arrangement not forming a part of the present invention, such as a program microprocessor system.

As previously mentioned, inductor C is moved relative to the surfaces 30a, 30b of bore B. This can be done by holding inductor C stationary and moving workpiece A axially with respect thereto. In addition, workpiece B could be moved while conductor C is stationary. The specific structure of the inductor C and the arrangement for causing relative movement between the inductor and workpiece does not form a part of the present invention since a variety of structures could be employed. In practice, workpiece B is secured onto a platform 100 in a fixed relationship. The workpiece is clamped by standard spring clamps which are forced against the upper surface 10 as indicated by arrows F. Thereafter, the inductor C is moved into and out of a workpiece as it is held stationary. In the drawings, the workpiece itself is moved to accomplish this action. Irrespective of the moving concept employed, the present invention relates to an arrangement for causing the relative movement for scanning bore B in two directions by inductor C. The schematically illustrated system can be employed for this purpose. This system includes openings 102 in platform 100 to allow drainage of quenching liquid. A locator rim 110 is adapted to be received in the lower recess 52 of workpiece B for centering and locating the workpiece with respect to the inductor and platform 100 which are aligned in a vertical direction. Openings 112 communicate an inner chamber or clearance portion 114 of platform 100 so that the quench body 200 can move downwardly a sufficient distance to allow conductor 160 to move into the lower portion of workpiece A. Openings 102 and openings 112 provide for passage of quenching liquid used in accordance with the present invention. Quenching liquid can be supplied from an appropriate pressurized source 118 through line 120 to quenching ring 130, having an inner cylindrical surface 132 facing workpiece A and provided with a plurality of somewhat downwardly projecting orifices 134 communicated with the inner cavity 136. In this manner, quenching liquid can be supplied through line 120 to cavity 136. Thereafter, the quenching liquid can be directed to the outer surfaces of walls 30, 32 and 34 for the purpose of maintaining these walls cooled during processing of the elongated workpiece A in accordance with the present invention.

As previously mentioned, inductor C could be moved downwardly and then upwardly in practicing the invention. In the illustrated embodiment, a drive mechanism 250 can be used for providing relative movement of the inductor and workpiece. This mechanism employs a motor 252 driving pinion 254 which is coupled with a rack 256. The rack is coupled to either inductor or the platform 100. In the illustrated embodiment, the rack is coupled to the platform and the platform, with inductor ring 130 and the workpiece, is reciprocated within a guide bore 260. As a direct equivalent, the platform could remain stationary and the inductor could be moved by the rack. For the purposes of simplicity, the inductor is illustrated as being fixed. In accordance with a modification of the preferred embodiment, the same arrangement could be used for moving the inductor by rack 256 or by any other appropriate reversible drive mechanism.

Referring now to FIG. 2, an arrangement for providing hardness patterns P in surfaces 30, 32 of the various lobes is illustrated. In accordance with this process, inductor C is in the lowered position. It is then energized and progressed upwardly in accordance with standard procedure in the induction heating art. Quenching liquid is directed through orifices 202 against the previously heated portion of the surfaces to quench harden surfaces 30a, 32a, which have been previously heated by scanning with conductor 160. In accordance with this concept, quenching liquid is directed through cylindrical quench ring 130 to quench the outside surface of workpiece C as the pregressive heating and liquid quenching continues from lower end 12 to upper end 10. When this procedure is employed, as schematically illustrated in FIG. 2, the upper diameter a is greater than the lower diameter b by a certain amount, which in practice has been as high as about 0.006 to 0.008 inches. Such a taper is unacceptable. The present invention overcomes this disadvantage by performing the method illustrated in FIG. 4 prior to performing the normal scanning operation as shown in FIG. 2. In accordance with this aspect, the inductor C is scanned through bore B from end 10 to end 12. While this is being done, motor generator 170 is energized by activation from an appropriate control, schematically illustrated as control 300 having a start command input 302 and a control timer 304. After a start of cycle command is received, timer 304 controls a cycle in accordance with standard control technology. This does not form a part of the present invention.

As motor generator 170 is energized by control 300 to produce a desired, selectable power level across leads 162, 164, inductor C is scanned downwardly through workpiece A as the outer surface thereof is quenched by quenching ring 130. The quenching liquid used in quench housing 200 is used during this down scan. The downward scan of inductor C is a heating operation only and quenching occurs from the outside surface by conduction through the walls of the workpiece. Heating is started at a position spaced below the top surface of end 10 and continues from end 10 to end 12. Thereafter, there is time delay before the upward scan shown in FIG. 2 is performed. By using a delay, the previously heated workpiece surfaces are cooled by external liquid quenching. An internal hardness pattern of the workpiece is created. This pattern is shown generally in FIG. 8. The hardness is greater at a position spaced from

surface 30a since quenching is by conduction from the outside surface 30b. The workpiece with a pretapered bore is shown generally in FIG. 5. This creates a situation where the inner bore B is pretapered in the direction opposite to the resulting undesired taper created by performing the hardening operation as shown in FIG. 2. This opposite pretapering is fixed by crystalgraphic memory into the workpiece preparatory to the workpiece being processed by the upward scanning operation shown in FIG. 2. At that time, the workpiece is scanned in an upward direction and immediately thereafter quench hardened by a liquid flow. The pretaper specifically and intentionally created by the first scan is combined with the hardening process of FIG. 2 to produce a relatively straight workpiece. This is not possible by processing with the standard procedure illustrated in FIG. 2. The resulting hardness pattern of the finished workpiece is shown schematically in FIG. 9. A hard outer surface is provided with a gradual decrease in hardness inward of surface 30a.

Parameters of the preferred embodiment of the invention are shown in the following example:

EXAMPLE I

Material --1050 M Steel
Surface Hardness --58-64 RC
Hardness at 0.040 --50 RC
Quench Media --3% VCONA
Quench Temperature --98 DEG F.
Quench Pressure (ID) --3.5 PSI
Quench Pressure (OD) --30 PSI
Scan Down --0.375 in./sec.
Scan Up --0.375 in./sec.
Down Heat --0-8.7 sec.
O.D. Quench --0-21.0 sec.
Up Heat --9.0-17.7 sec.
I.D. Quench --9.0-21.0 sec.
Setting --800 Volts, 219 Amps, 175 KW 175 KVAR 10 KC
Coupling Gap --0.030

A modification of Example I is now used in the preferred embodiment of the invention. The modifications involve using different scanning parameters such as a difference in the scanning speed and a difference in the power level directed from the motor generator set 170 to the inductor. These changes in the parameters are set forth in the following example:

EXAMPLE II

DOWN SCAN
Delay --0.5 inches from top
Speed --0.65 in./sec.
Power --88 KW 10 KH2
DOWN DELAY
Time --2.0 seconds
UP SCAN
Speed --0.55 in./sec.
Power --92 KW 10 KH2

Data supplied from the esp@cenet database - 12

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑰ Anmeldenummer: 82105568.8

⑤① Int. Cl. 3: C 21 D 1/10, C 21 D 9/14

⑱ Anmeldetag: 24.06.82

③① Priorität: 22.07.81 US 285788

⑦① Anmelder: PARK-OHIO INDUSTRIES, INC.,
20600 Chagrin Boulevard, Shaker Heights
Ohio 44122 (US)

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: 26.01.83
Patentblatt 83/4

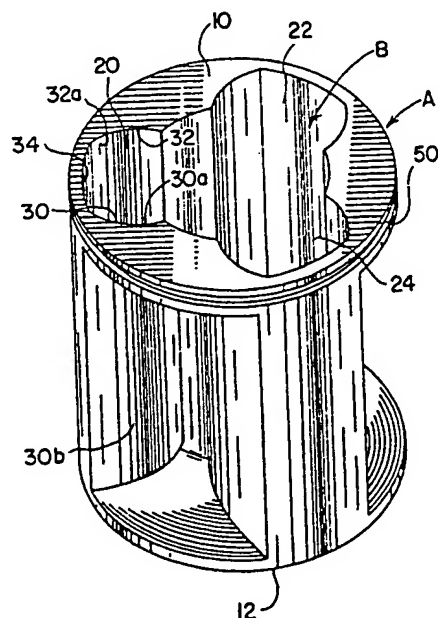
⑦② Erfinder: Novorsky, Donald Edward, 15606 Norway
Avenue, Cleveland, Ohio 44111 (US)

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: AT BE CH DE FR GB IT LI LU
NL SE

⑦④ Vertreter: Vollbach, Hans, Dipl.-Ing., Patentanwälte
Dipl.-Ing. Buschhoff Dipl.-Ing. Hennicke Dipl.-Ing.
Vollbach Kaiser-Wilhelm-Ring 24, D-5000 Köln 1 (DE)

⑤④ Verfahren und Einrichtung zum Induktionshärten länglicher dünnwandiger Werkstücke.

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zum Induktionshärten der Axialbohrung eines länglichen, dünnwandigen Werkstücks mit einer vorbestimmten Einhärtetiefe mit Hilfe einer Induktorvorrichtung, die in ihrer Außenform der Querschnittsform der Bohrung unter Berücksichtigung des Kopplungsspaltes angepaßt ist. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die am Strom anliegende Induktorvorrichtung zunächst in einem ersten Durchgang durch die Bohrung hindurchgeführt, ohne daß hierbei die erwärmte Innenfläche der Bohrung mit Abschreckmedium beaufschlagt wird. Nach Abkühlung des Werkstücks wird die Induktorvorrichtung in Gegenrichtung durch die Bohrung bewegt, wobei ihre Innenfläche induktiv erwärmt und gleichzeitig unmittelbar hinter der Induktorvorrichtung durch Beaufschlagung mit dem Abschreckmedium abgeschreckt wird. Das Werkstück ist dabei zweckmäßig in vertikaler Achslage angeordnet.



EP 0 070 409 A1

PATENTANWÄLTE
DIPL.-ING. BUSCHHÖFF
DIPL.-ING. HENNICKE
DIPL.-ING. VOLLBACH
KAISER-WILHELM-RING 24
5000 KÖLN 1

0070409

Aktenz:

Reg.-Nr.

Pr 421 EU

bitte angeben

KÖLN, den 17.5.1982
vo/kr

Anm.: Park-Ohio Industries, Inc.,
20600 Chagrin Boulevard,
Shaker Heights, Ohio 44122 (U.S.A.)

Titel: Verfahren und Einrichtung zum Induktionshärten
länglicher dünnwandiger Werkstücke

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Induktionshärten länglicher dünnwandiger Werkstücke, die eine Bohrung od. dgl. mit in Axialrichtung zumindest auf Teilbereichen gleichmäßiger Querschnittsform aufweisen, wobei zum Härten der Innenfläche der Bohrung mit einer vorbestimmten Einhärtetiefe und auf mindestens Teilbereichen der Innenfläche eine der Querschnittsform der Bohrung angepasste Induktorvorrichtung unter Erhitzen der Innenfläche axial durch die Bohrung hindurchgeführt und gleichzeitig unmittelbar hinter der Induktorvorrichtung die erhitzte Innenfläche, vorzugsweise mittels eines flüssigen Abschreckmediums, abgeschreckt wird. Ferner ist die Erfindung auf eine zweckdienliche Einrichtung zum Induktionshärten von Werkstücken der genannten Art gerichtet.

Die Erfindung ist insbesondere für das Induktionshärten von dünnwandigen Werkstücken aus Stahl gerichtet, die eine Innenbohrung bzw. einen Kanal od. dgl. mit drei in Umfangsrichtung versetzten Ausweitungen aufweisen und die bei Antriebssystemen für einen Vorderradantrieb von Fahrzeugen Verwendung finden. Darüber hinaus hat die Erfindung einen breiteren Anwendungsbereich. Sie kann zur Oberflächenhärtung von Innenbohrungen dünnwandiger Werkstücke von unterschiedlicher Profilierung und Formgebung

der die zu härtende Innenfläche bildenden Bohrung Verwendung finden. Dabei lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren die Innenbohrungen oder die Hohlräume der verschiedenartigen Werkstücke auf bestimmten axialen Flächenbereichen oder aber auch auf der gesamten Innenfläche der Bohrung od.dgl. härten.

Es ist bekannt, die zylindrischen Innenflächen von Werkstückbohrungen, z.B. an einer Radnabe, zu härten und hierbei einen ringförmigen Induktor zu verwenden, welcher der zylindrischen Innenfläche angepaßt und im Durchmesser etwas kleiner bemessen ist als die Bohrung, so daß zwischen dem Induktor und der zylindrischen Innenfläche ein Koppungsspalt vorhanden ist. Der strombeaufschlagte Induktor wird in Axialrichtung entlang der zylindrischen Innenfläche bewegt, wodurch diese auf induktivem Wege erwärmt wird. Zur Härtung der Innenfläche wird unter dem Induktor ein Abschreckkörper angeordnete, der mit Spritzöffnungen für eine Abschreckflüssigkeit versehen ist. Durch Abschrecken der zuvor erwärmten Werkstückfläche wird diese gehärtet.

Um eine gleichmäßige Erwärmung und Härtung der zylindrischen Werkstückfläche zu erzielen, ist es auch seit langem bekannt, das Werkstück um die Mittelachse der zylindrischen Bohrung zu drehen, so daß der durch die Bohrung hindurchgeführte Induktor mit seinem Abschreckkörper auf die rotierende zylindrische Werkstückfläche zur Einwirkung gelangt. Mit dieser Verfahrensweise lassen sich Werkstücke, die um ihre zylindrische Innenfläche herum eine größere Metallmasse aufweisen, härten, ohne daß es hierbei zu einem nennenswerten Verwerfen und Verziehen der zylindrischen Innenfläche kommt. Ist aber um die zylindrische Innenfläche herum nur eine kleine Werkstoffmasse vorhanden, wie dies bei dünnwandigen Werkstücken der Fall ist, bei denen die Einhärtetiefe z.B. etwa 50% der gesamten Wandstärke beträgt, so stellt sich während des Ab-

schreckhärten häufig ein axiales Verziehen des Werkstücks ein mit der Folge, daß die Zylinderfläche nach dem Härtevorgang einer Schleifbehandlung zur Erzielung der genauen Sollabmessungen unterworfen werden muß. In manchen Fällen muß selbst bei dickeren Wandstärken der Werkstücke nach dem Härtevorgang eine Schleifbehandlung zur Erzielung einer exakten Zylinderbohrung vorgenommen werden.

Das kombinierte Induktionshärten mit nachfolgender Schleifbearbeitung läßt sich erfolgreich durchführen, wenn das dünnwandige Werkstück eine zylindrische Innenbohrung aufweist. Außerordentliche Schwierigkeiten ergeben sich aber in der Praxis dann, wenn die Bohrung des dünnwandigen Werkstücks nicht zylindrisch ist. Die Innenfläche einer nicht-zylindrischen Bohrung in einem dünnwandigen Werkstück läßt sich auf wirtschaftliche Weise nicht so nachschleifen, daß etwaige Verziehungen und Verwerfungen des Werkstücks in axialer Richtung mit hinreichender Genauigkeit egalisiert werden können. Die hier bestehenden Probleme sind um so größer, je größer die axiale Länge der Innenbohrung ist. Das herkömmliche Induktions- und Abschreckhärten ist daher in der Praxis nicht bei dünnwandigen Werkstücken anwendbar, deren Axialbohrung eine von der Zylinderform abweichende Querschnittsform hat, wenn Toleranzen von etwa 0,025 bis 0,076 mm über eine Länge von 100 bis 152,5 mm eingehalten werden müssen. Es haben sich daher in der Praxis erhebliche Schwierigkeiten ergeben, die Innenflächen von Werkstücken auf induktivem Wege zu härten, deren Bohrung drei in Umfangsrichtung versetzte Ausweitungen aufweisen, wie dies bei den Außengehäuseteilen eines Vorderrad-Antriebsmechanismus für Motorfahrzeuge der Fall ist. Solche Gehäuseteile, die als "Tripod-Gehäuse" bezeichnet werden, müssen nach dem Induktionshärten sehr enge axiale Toleranzen aufweisen. Eine Innenbearbeitung der Gehäusebohrungen ist hier nur mit hohem wirtschaftlichen Aufwand möglich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein wirtschaftliches Verfahren und eine Einrichtung zu schaffen, mit dem bzw. der sich die Innenbohrungen oder sonstige Hohlräume u.dgl. von Werkstücken, insbesondere solchen mit unrunder Innenbohrung, einwandfrei auf induktivem Wege härten lassen, ohne daß es zu einem unzuträglichen Verwerfen oder Verziehen des Werkstücks beim progressiven Erwärmen und Abschrecken kommt. Die Erfindung ist bevorzugt für das Härten der Innenfläche einer Bohrung eines "Tripod-Gehäuses" der vorgenannten Art oder ähnlicher Werkstücke mit nicht-zylindrischer Innenbohrung bestimmt, wobei selbst dann eine nicht-konische Innenfläche angestrebt wird, wenn die Wandstärke um die Bohrung herum nur angenähert doppelt so groß ist als die zur Erzielung der erforderlichen Verschleißigenschaften gewünschte Einhärtetiefe.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die gestellte Aufgabe dadurch gelöst, daß die strombeaufschlagte Induktorvorrichtung zunächst in einem ersten Durchgang axial in der einen Richtung durch die Bohrung und dann in einem zweiten Durchgang axial in der Gegenrichtung durch die Bohrung geführt wird, wobei bei diesem zweiten Durchgang die Abschreckung der erhitzten Innenfläche unmittelbar hinter der Induktorvorrichtung erfolgt.

Beim ersten Durchgang der Induktorvorrichtung durch die Werkstückbohrung wird zweckmäßig kein Abschreckmedium auf die erhitzte Innenfläche der Bohrung aufgebracht. Es empfiehlt sich vielmehr, während des ersten Durchgangs nur die Werkstück-Außenfläche mit dem Abschreckmedium zu beaufschlagen. Das Werkstück wird bei diesem ersten Induktor-Durchgang gezielt konisch vorverformt, wobei diese Vorverformung beim zweiten Induktor-Durchgang aufgehoben bzw. kompensiert wird. Während des zweiten Induktor-Durchgangs wird dabei die progressiv erwärmte Innenfläche der Werkstückbohrung unmittelbar hinter dem Induktor von dem

Abschreckmedium beaufschlagt. Zugleich empfiehlt es sich, auch beim zweiten Induktor-Durchgang die Werkstück-Außenfläche mit dem Abschreckmedium zu beaufschlagen.

Vorzugsweise wird das erfindungsgemäße Verfahren so durchgeführt, daß die Induktorvorrichtung bei den beiden Durchgängen durch die Bohrung od.dgl. des vertikal angeordneten Werkstücks bewegt wird, wobei die Induktorvorrichtung zweckmäßig beim ersten Durchgang von oben nach unten und beim zweiten Durchgang von unten nach oben die Bohrung durchläuft. Dabei wird vorteilhafterweise sowohl beim ersten Durchgang (Abwärtsbewegung) als auch beim zweiten Durchgang (Aufwärtsbewegung) der Induktorvorrichtung die Außenfläche des Werkstücks kontinuierlich von dem Abschreckmedium beaufschlagt. Der Induktor-Durchgang durch die Innenbohrung od.dgl. des Werkstücks kann in jedem Fall entweder bei stationärer Induktorvorrichtung und bewegtem Werkstück oder, umgekehrt, bei bewegter Induktorvorrichtung und stationärem Werkstück durchgeführt werden, da es nur auf die Relativbewegung zwischen Werkstück und Induktorvorrichtung ankommt.

Bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens gelingt es, die Innenbohrung des Werkstücks insgesamt oder nur auf axialen Teilflächen einwandfrei zu härten, ohne daß die sich beim Härtevorgang einstellende Neigung oder Konizität der Innenfläche die zulässigen Toleranzen von weniger als 0,076 mm auf angenähert 80 mm Bohrungslänge überschreitet. Das Erwärmen der Innenfläche bei dem ersten Durchgang der Induktorvorrichtung durch die Bohrung und das erneute Erwärmen und gleichzeitige Abschrecken der Innenfläche beim zweiten gegenläufigen Durchgang der Induktorvorrichtung durch die Bohrung kann auch so durchgeführt werden, daß die Erwärmung und Abschreckung erst im Abstand von den Enden der Bohrung einsetzt, so daß die axial gegenüberliegenden Enden der erwärmten und gehärteten Innenfläche im Abstand von den benachbarten Enden der Bohrungen liegen.

Je nach dem gewünschten Härtebild und der gewünschten Härtezone läßt sich das erfindungsgemäße Verfahren variieren.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren läßt sich ein Induktor verwenden, dessen Außenform im wesentlichen der Querschnittsform der Bohrung od. dgl. des Werkstücks angepaßt ist, dabei aber kleiner ist als diese, so daß der erforderliche Kopplungsspalt zwischen der zu härtenden Fläche und dem Induktor vorhanden ist. Dabei läßt sich die Werkstückbohrung bei entsprechender Ausbildung des Induktors auch auf bestimmten Teilflächenbereichen härten. Der Induktor wird mit einem Strom mit bekannter Frequenz und vorbestimmter Leistung betrieben. Die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens bevorzugt verwendete Einrichtung weist neben dem vorgenannten Induktor noch einen Werkstücksupport zur Halterung des Werkstücks mit vertikaler Achslage sowie eine Vorrichtung zur Bewegung der strombeaufschlagten Induktorvorrichtung durch die Bohrung von oben nach unten und von unten nach oben auf. Zugleich ist eine, vorzugsweise an der Induktorvorrichtung angeordnete, Abschreckvorrichtung vorgesehen, mit der die erhitzte Werkstück-Innenfläche nur bei der Bewegung der Induktorvorrichtung von unten nach oben unmittelbar hinter der Induktorvorrichtung mit flüssigem Abschreckmedium beaufschlagt werden kann. Ferner ist zweckmäßig eine Abschreckvorrichtung zur wahlweisen Beaufschlagung der axialen Werkstück-Außenfläche vorgesehen. Die letztgenannte Abschreckvorrichtung besteht zweckmäßig aus einem Abschreckring, der an dem Werkstücksupport angeordnet sein kann. Mit Hilfe dieser Abschreckvorrichtung läßt sich die Werkstück-Außenfläche während beider Induktor-Durchgänge kontinuierlich mit dem flüssigen Abschreckmedium kühlen, wobei das Werkstück auch nach dem ersten Induktor-Durchgang und vor dem zweiten Induktor-Durchgang gekühlt werden kann.

Die beiden Induktor-Durchgänge in gegenläufiger Richtung

lassen sich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Einrichtung mit einem einzigen Induktor durchführen, ohne daß hierbei die Raumlage oder die Axialposition des Werkstücks verändert werden muß. Eine solche Lageänderung könnte ggf. zu einer verminderten Gleichmäßigkeit des Härteergebnisses führen.

Weitere wesentliche Merkmale der Erfindung sind in den einzelnen Ansprüchen aufgeführt und ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung des in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 in perspektivischer Darstellung ein "Tripod-Gehäuse", welches für Frontantriebe von Kraftfahrzeugen verwendet wird und welches bevorzugt dem erfindungsgemäßen Härteverfahren unterworfen wird;

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Einrichtung in einer schematischen Querschnittsdarstellung zusammen mit dem in Fig 1 gezeigten, in seiner Arbeitsposition befindlichen Werkstück;

Fig. 3 das Werkstück gemäß Fig. 1 im Querschnitt und nach dem ersten Induktor-Durchgang der Einrichtung nach Fig. 1;

Fig. 4 die in Fig. 2 gezeigte Einrichtung während des ersten Induktor-Durchgangs;

Fig. 5 im Querschnitt das Werkstück nach Fig. 1 nach Beendigung des im Zusammenhang mit Fig. 4 beschriebenen Arbeitsvorgangs;

Fig. 6 in Draufsicht und in größerem Maßstab eine für das Induktionshärten des Werkstücks nach Fig. 1 bevorzugt verwendete Induktorvorrichtung, deren

Querschnittslinie 2-2 bzw. 4-4 im wesentlichen den Querschnitten nach den Fig. 2 und 4 entspricht;

Fig. 7 eine bevorzugte Ausführungsform der mit einer Abschreckvorrichtung versehenen Induktorvorrichtung in perspektivischer Darstellung;

Fig. 8 und 9 zwei Diagramme zur Darstellung des Härtevorgangs und des Verlaufs der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren erzielten Einhärtetiefe.

Die Zeichnung, in der ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung wiedergegeben ist, zeigt in Fig. 1 ein längliches, dünnwandiges Werkstück A mit einer im wesentlichen kreisförmigen oberen Stirnfläche 10, einer im wesentlichen kreisförmigen unteren Stirnfläche 12 und einer länglichen Bohrung B, die auf ihrer gesamten Länge zwischen den Stirnflächen 10 und 12 einen gleichmäßigen konstanten Querschnitt aufweist. Die unrunde Bohrung B weist drei in gleichmäßigen Umfangsabständen zueinander angeordnete radiale Ausweitungen 20, 22 und 24 auf, wie dies insbesondere auch Fig. 6 erkennen läßt. Da die Ausweitungen 20, 22 und 24 sämtlich im wesentlichen identische Form aufweisen, wird im folgenden lediglich die Formgebung der einen Ausweitung 20 erläutert. Diese Ausweitung 20 weist einander gegenüberliegende Seitenwände 30 und 32 und eine außenliegende Stegwand 34 auf, die sämtlich im wesentlichen dieselbe Wandstärke haben. Die im Abstand zueinander angeordneten Seitenwände 30 und 32 bilden einander gegenüberstehende Innenflächen 30a und 32a, die leicht konkav ausgeformt sind. Diese Innenflächen 30a und 32a werden auf ganzer Länge zwischen den Stirnenden 10 und 12 des Werkstücks A dem Härtevorgang unterworfen, um das in Fig. 6 gezeigte Härtebild P zu erzielen. Die Außenflächen 30b und 32b der Seitenwände 30 und 32 verlaufen im wesentlichen parallel zu den Innenflächen 30a und 32a. Der Ab-

stand der Außen- und Innenflächen 30b, 30a bzw. 32b, 32a, d.h. die Dicke der Seitenwände 30 und 32 ist angenähert doppelt so groß wie die Einhärtetiefe der Härtezonen P. In der Praxis beträgt die Höhe des Werkstücks A etwa 80 mm, wobei die Härtezone sich von einer Stelle, die etwa 9,8 mm von der oberen Stirnfläche 10 entfernt liegt, bis zu einer Stelle erstrecken, die etwa 9,2 mm von der unteren Stirnfläche 12 des Werkstücks entfernt ist. Die Dicke der Wände 30, 32 und 34 beträgt etwa 4,5 mm, die Einhärtetiefe der Härtezonen P angenähert 2,3 mm. Das Werkstück A weist im oberen Bereich eine umlaufende Nut 50 mit einer axialen Höhe von etwa 3,0 mm auf, deren Abstand von der oberen Stirnfläche 10 etwa 7,0 mm beträgt. Der Innendurchmesser der Bohrung B, ohne Einbeziehung der radialen Ausweitungen 20, 22, 24, beträgt angenähert 51,0 mm. Die radiale Abmessung der Härtezonen P entlang den Flächen 30 und 32 beläuft sich auf etwa 16,0 mm. Die Härtezonen P erstrecken sich als streifenförmige Flächenbereiche axial durch das Werkstück A und entlang den Seitenwänden 30 und 32. An der unteren Stirnfläche 12 weist das Werkstück A eine ringförmige Einziehung 52 mit einer Tiefe von etwa 4,0 mm und einem Durchmesser von etwa 86,5 mm auf. Der Gesamtdurchmesser des Werkstücks A beträgt angenähert 92,5 mm. Das Werkstück A besteht aus einem SAE 1050 M-Stahl. Die Tiefe der Härtezonen P in dem dünnwandigen Werkstück beträgt mindestens etwa 30%, im allgemeinen etwa 50% der Gesamtwandstärke der Wandteile, an welchen die Härtezonen P erzeugt werden. Zur Kühlung des Werkstücks nach vorausgegangener induktiver Erwärmung können die Außenflächen 30a, 30b des Werkstücks mit einem Abschreckmedium beaufschlagt werden. Die Kühlung vollzieht sich hier von der Werkstück-Außenfläche zu seiner erwärmten Innenfläche hin. Dieses Merkmal wird weiter unten noch näher erläutert.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Einrichtung werden die Härtezonen P in den Flächen 30, 32 der verschiedenen Querschnittsausweitungen

20, 22 und 24 des Werkstücks A hergestellt, ohne daß hierbei sich die endseitigen Stirnflächen 10 und 12 des Werkstücks mehr als etwa 0,076 mm gegeneinander aus der Fluchtlinie verschieben bzw. sich eine dieses Maß übersteigende Konizität zwischen diesen Endflächen einstellt. Die Einrichtung weist gemäß den Fig. 2, 4, 6 und 7 eine Induktorvorrichtung C mit untenliegenden Induktorschleifen 150, 152 und 154 auf, die im wesentlichen der Form der Querschnittserweiterungen 20, 22 und 24 angepaßt und so bemessen sind, daß sie sich beim Einführen der Induktorvorrichtung in die Bohrung B um das Maß des Kopplungsspalt im Abstand von den zugeordneten Flächen der Querschnittsausweitungen befinden. Die Schleifen 150, 152 und 154 sind von gleicher Ausbildung; sie bestehen jeweils aus einem Induktor 160, der über Leitungen 162 und 164 von dem Strom einer Hochfrequenzstromquelle beaufschlagt werden kann. Die Leitungen 162 und 164 verbinden sämtliche Schleifen 150, 152 und 154 elektrisch in Reihe. Als Stromquelle wird ein Motor-Generatorsatz 170 verwendet, der mit seinen elektrischen Ausgängen 172 und 174 an die Leitungen 162 und 164 der Induktorvorrichtung angeschlossen ist, so daß die Induktorschleifen 150, 152 und 154 von dem Wechselstrom durchflossen werden. Mit Hilfe der stromdurchflossenen Schleifen werden die verschiedenen Flächen 30a und 32a des Werkstücks auf induktivem Wege erwärmt. Die Außenkontur der Induktorleitung 160 ist an den einzelnen Schleifen so ausgebildet, daß sich der Induktorleiter 160 beim Durchgang durch die Bohrung B im Abstand G zu den Flächen 30a und 32a befindet. Der Abstand G ist der magnetische Kopplungsspalt; er beträgt im allgemeinen etwa 0,076 mm bis 0,1 mm. Der Induktorleiter 160 ist an den Schleifen so geformt, daß er sich von den Stegwänden 34 des Werkstücks in einem Abstand X befindet, der erheblich größer ist als der Kopplungsspalt G, so daß von dem Induktorleiter 160 die Innenflächen der Stegwände 34 nicht auf eine für das nachfolgende Härten ausreichende Temperatur erwärmt werden. Um im Zuge der induktiven Erwärmung gleich-

zeitig eine Abschreckung der erwärmten Flächen durchführen zu können, weist jede Schleife 150, 152 und 154 an der Unterseite ein Abschreckgehäuse 200 mit einer Vielzahl an Öffnungen oder Spritzdüsen 202 auf, die mit dem Innenraum 204 des Abschreckgehäuses in Verbindung stehen. Die Anschlußleitungen 162 und 164 sowie der Induktorleiter 160 bestehen aus Hohlleitern, die in Reihe miteinander verbunden sind, so daß durch diese Leiter ein Kühlmedium einer Kühlmittelquelle 210 zirkulieren kann, um eine übermäßige Erhitzung des Induktors zu vermeiden. Tragelemente 220, 222 und 224 dienen zusammen mit den starren Leitungen 162 und 164 zur Festlegung der Induktorvorrichtung C in vertikaler Richtung. Die Tragelemente 220, 222 und 224 sind hohl und jeweils über eine Leitungsverbindung 228 an eine gemeinsame Zuführung 226 für ein flüssiges Abschreckmedium angeschlossen. Bei eingeschalteter Zuführung 226 strömt die Abschreckflüssigkeit durch die Abschreckgehäuse 200, wobei sie durch die Öffnungen 202 hindurch gegen die Flächen 30a und 32a ausgespritzt wird. Die wahlweise Zu- und Abschaltung der Zuführung 226 für das Abschreckmedium kann mit Hilfe einer geeigneten Steuervorrichtung, z.B. einem programmierten Mikroprozessor od.dgl., durchgeführt werden.

Die Induktorvorrichtung C wird relativ zu den zu erwärmenden Flächen 30a und 30b der Bohrung B bewegt. Dies kann dadurch geschehen, daß die Induktorvorrichtung C stationär angeordnet und das Werkstück A gegenüber der stationären Induktorvorrichtung C axial beweglich gelagert wird. Umgekehrt könnte aber auch die Induktorvorrichtung C gegenüber dem stationär angeordneten Werkstück B bewegt werden. Für den axialen Vorschub der Induktorvorrichtung C oder des Werkstücks A können Vorschubantriebe unterschiedlicher Ausführungen Verwendung finden. Die dargestellte Einrichtung weist einen Werkstücksupport 100 in Gestalt einer Platte auf, an der das Werkstück B in der Arbeitslage festgelegt wird. Dies erfolgt beispielsweise mittels herkömmlicher Federklemmen, die, wie in Fig. 2 durch den

Pfeil F angegeben, gegen die obere Stirnfläche 10 des Werkstücks drücken und damit das Werkstück A am Werkstücksupport 100 durch Klemmung festlegen. Anschließend wird die Induktorvorrichtung C gegenüber dem feststehenden Werkstück A axial in die Bohrung B eingeführt und aus der Werkstückbohrung herausgeführt.

Bei dem in der Zeichnung dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die Relativbewegung zwischen der Induktorvorrichtung C und dem Werkstück A durch die Hubbewegung des Werkstücks gegenüber der stationären Induktorvorrichtung C erreicht. Unabhängig davon, wie die Relativbewegung zwischen Induktorvorrichtung und Werkstück bewirkt wird, weist die dargestellte Einrichtung in dem plattenförmigen Werkstücksupport 100 Öffnungen 102 für die Ableitung der Abschreckflüssigkeit auf. Außerdem ist der Werkstücksupport mit einem Zentrierkragen 110 versehen, der in die untere Ausnehmung 52 des Werkstücks A einfaßt und damit das Werkstück in vertikaler Ausfluchtung zu der Induktorvorrichtung C an dem Werkstücksupport 100 zentriert. Der Werkstücksupport 100 ist mit weiteren Öffnungen 112 versehen, die in einer Innenkammer oder einer Ausnehmung 114 des Werkstücksupports 100 münden. In die Ausnehmung 114 kann sich der Abschreckkörper 200 hineinschieben, wenn sich die Induktorvorrichtung C mit dem Abschreckkörper 200 im Bereich des unteren Endes 12 des Werkstücks A befindet. Die Induktorvorrichtung C kann daher bis zum unteren Ende des Werkstücks A gebracht werden, um auch hier die Innenflächen der Bohrung zu erwärmen und zu härten. Die Öffnungen 102 und 112 dienen zur Ableitung des flüssigen Abschreckmediums. Letzteres kann von einer Druckquelle 118 über eine Leitung 120 einer Abschreckvorrichtung 130 zugeführt werden, die aus einem Abschreckring besteht, dessen dem Werkstück A zugewandte zylindrische Innenfläche 132 mit einer Vielzahl geringfügig nach unten geneigter Öffnungen oder Spritzdüsen 134 versehen ist, die mit der Innenkammer 136 der Abschreckvorrichtung 130 in Verbindung

stehen. Die von der Druckquelle 118 über die Leitung 120 in die Kammer 136 gedrückte Abschreckflüssigkeit wird demgemäß unmittelbar gegen die Außenflächen der Wände 30, 32 und 34 des Werkstücks A ausgespritzt, wodurch diese Wände während der erfindungsgemäßen Härtebehandlung kühlgehalten werden.

Der bei der dargestellten Einrichtung verwendete Vorschubantrieb 250 weist einen Motor 252 auf, der ein Zahnrad 254 antreibt, welches im Zahneingriff mit einer Zahnstange 256 steht. Letztere ist mit dem jeweils angetriebenen Teil, also entweder der Induktorvorrichtung C oder dem Werkstücksupport 100 gekuppelt. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Zahnstange 256 mit dem Werkstücksupport 100 verbunden, so daß über die angetriebene Zahnstange der Werkstücksupport zusammen mit dem Werkstück A und dem Abschreckring 130 gegenüber der Induktorvorrichtung C gehoben und gesenkt werden kann.

Zu Beginn der Härtebehandlung an den Flächen 30, 32 der verschiedenen Ausweitungen 20, 22 und 24 der Bohrung B des Werkstücks A befindet sich die Induktorvorrichtung C in ihrer unteren Position. Bei den herkömmlichen Induktionshärteverfahren wird die Induktorvorrichtung C nach Strom-einschaltung durch die Bohrung B hindurch nach oben bewegt. Zugleich wird das Abschreckmedium durch die Düsenöffnungen 202 gegen die zuvor erwärmten Flächenbereiche gespritzt, so daß die Flächen 30a, 32a unmittelbar nach Vorbeigang an der Induktorleitung 160 abgeschreckt werden. Zugleich werden mit dem kontinuierlichen Erwärmen und Abschrecken der Innenflächen 30a, 32a die Außenflächen des Werkstücks A mit Hilfe des zylindrischen Abschreckringes 130 mit der Abschreckflüssigkeit beaufschlagt. Bei dieser Arbeitsweise erhält man gemäß Fig. 3 ein Werkstück A, dessen oberer Durchmesser a größer ist als sein unterer Durchmesser b, und zwar um einen Betrag, der in der Praxis etwa 0,15 mm bis 0,2 mm beträgt. Eine solche Konizität der Boh-

rung B des Werkstücks A ist unakzeptabel.

Mit der Erfindung wird dieser Nachteile dadurch vermieden, daß vor der im Zusammenhang mit Fig. 2 beschriebenen Arbeitsweise der im Zusammenhang mit Fig. 4 erläuterte Arbeitsvorgang durchgeführt wird. Hierbei wird die Induktorvorrichtung C in einem ersten Durchgang von der oberen Stirnfläche 10 zu der unteren Stirnfläche 12 des Werkstücks A hin durch die Bohrung B hindurchgeführt, wobei er von einer Steuereinrichtung 300 an den Strom des Motor-Generators 170 angeschlossen ist. Die Steuervorrichtung 300 weist einen Start-Befehlseingang 302 und eine Zeitsteuerung 304 auf. Nachdem das Startsignal für einen Arbeitszyklus ausgelöst worden ist, steuert die Zeitsteuerung 304 den Arbeitszyklus in der gewünschten Weise.

Bei Einschalten des Motor-Generators 170 durch die Vorrichtung 300 wird die Induktorvorrichtung C über die Anschlußleitungen 162 und 164 von dem Strom mit der jeweils gewählten Stromleistung beaufschlagt. Die Induktorvorrichtung C bewegt sich durch die Bohrung B des Werkstücks A von oben nach unten, wobei die Außenfläche des Werkstücks A mit Hilfe des Abschreckrings 130 gekühlt wird. Bei der Abwärtsbewegung der Induktorvorrichtung C in der Bohrung B wird lediglich eine Erhitzung der zu härtenden Flächen sowie eine Abkühlung bzw. Abschreckung von der Werkstück-Außenseite her durch Wärmeleitung über die Werkstück-Wandungen durchgeführt. Der Aufheizvorgang beginnt zu einem Zeitpunkt, in dem sich die Induktorvorrichtung C in einem Abstand unterhalb der oberen Stirnfläche 10 befindet, also bereits in die Bohrung B um ein bestimmtes Maß eingetaucht ist. Der Aufheizvorgang endet in einer Position, in der sich die Induktorvorrichtung C in Nähe des unteren Endes 12 des Werkstücks A befindet. Nach diesem ersten Durchgang der Induktorvorrichtung C durch die Bohrung B erfolgt nach einer gewissen Verweilzeit der zweite Durchgang, bei welcher die Induktorvorrichtung C sich von unten nach oben durch

die Bohrung B bewegt, wie dies in Fig. 2 angedeutet ist. Während der vorgenannten Verweilzeit werden die zuvor erhitzten Werkstückflächen durch die Außenbeaufschlagung des Werkstücks mit der Abschreckflüssigkeit gekühlt. Dabei bilden sich die Härtezonen P in der gewünschten Ausbildung.

Die graphische Darstellung nach Fig. 8 zeigt das Härtebild nach dem ersten Induktor-Durchgang und der vorgenannten Verweilzeit. Es ist erkennbar, daß die Härte an einer Stelle, die im Abstand von der Fläche 30a liegt, größer ist, da das Abschrecken durch Wärmeableitung zur Außenseite 30b des Werkstücks A hin erfolgt. Das Werkstück erhält infolgedessen die in Fig. 5 gezeigte Anfangskonizität, bei der der Durchmesser a der Werkstückbohrung am oberen Ende kleiner ist als der Durchmesser b am unteren Ende des Werkstücks. Diese gezielt bewirkte Anfangskonizität ist entgegengesetzt der unerwünschten Konizität, die sich bei dem zweiten Durchgang (Fig. 2) am Werkstück A einstellt (Fig. 3). Die bei dem ersten Durchgang erzielte Vorkonizität gemäß Fig. 5 wird durch das Kristallgitter am Werkstück fixiert, bevor der zweite Durchgang gemäß Fig. 2 durchgeführt wird. Die beim ersten Durchgang gezielt bewirkte Vorkonizität wird beim Härtevorgang des zweiten Induktor-Durchgangs (Fig. 2) überlagert, so daß im Ergebnis ein Werkstück mit praktisch geradliniger Innenbohrung erhalten wird. Das im Ergebnis am fertigen Werkstück A erhaltene Härtebild ist in Fig. 9 schematisch verdeutlicht. Es entsteht eine gehärtete Außenfläche, die von der Innenfläche 30a aus mit der Eindringtiefe in das Werkstück allmählich abnimmt.

Im folgenden werden einige Betriebsparameter für ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung beim Härten eines Werkstücks der genannten Art angegeben:

Beispiel I

Werkstoff	1050 M Stahl
Oberflächenhärte	58-64 RC
Härte in einer Tiefe von 1,02mm	50 RC
Abschreckmedium	3% VCONA
Abschrecktemperatur	36,7° C
Druck des Abschreck- mediums (innen)	0,2 kg/cm ²
Druck des Abschreck- mediums (außen)	1,75 kg/cm ²
Geschwindigkeit (abwärts)	9,5 mm/s
Geschwindigkeit (aufwärts)	9,5 mm/s
Wärme (abwärts)	0-8,7 s
Abschreckung (außen)	0-21,0 s
Erwärmung (aufwärts)	9,0-17,7 s
Abschreckung (innen)	9,0-21,0 s
Einstellung	800 Volt, 219 A, 175 KW 175 KVAR 10 KC
Kopplungsspalt	0,76 mm

Bei einer bevorzugten Verfahrensweise wird das Beispiel I in einigen Parametern geändert, welche die Differenz der Induktor-Geschwindigkeiten bei den beiden Durchgängen und die Differenz der Strombeaufschlagung des Induktors durch den Motor-Generatorsatz 170 bei den beiden Durchgängen betreffen. Diese Änderungen in den Parametern sind in dem folgenden Beispiel angegeben:

Beispiel II

Bei der Abwärtsbewegung des Induktors:

verzögerte Induktor- einschaltung bei	12,7 mm unterhalb der Werkstück-Ober- seite
Induktorgeschwindigkeit	16,5 mm/s

Strombeaufschlagung des
Induktors

88 KW, 10 KHz

Verzögerung vor Beginn des
zweiten Induktor-Durchgangs: 2 s

Aufwärtsbewegung des Induktors:

Geschwindigkeit: 14 mm/s

Strombeaufschlagung des
Induktors

92 KW, 10 KHz

A n s p r ü c h e :

1. Verfahren zum Induktionshärten länglicher dünnwandiger Werkstücke, die eine Bohrung od.dgl. mit in Axialrichtung zumindest auf Teilbereichen gleichmäßiger Querschnittsform aufweisen, wobei zum Härten der Innenfläche der Bohrung mit einer vorbestimmten Einhärte tiefe und auf mindestens einem Teilbereich der Innenfläche eine der Querschnittsform der Bohrung angepaßte Induktorvorrichtung unter Erhitzen der Innenfläche axial durch die Bohrung hindurchgeführt und gleichzeitig unmittelbar hinter der Induktorvorrichtung die erhitze Innenfläche, vorzugsweise mittels eines flüssigen Abschreckmediums, abgeschreckt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die strombeaufschlagte Induktorvorrichtung (C) zunächst in einem ersten Durchgang axial in der einen Richtung durch die Bohrung (B) und dann in einem zweiten Durchgang axial in der Gegenrichtung durch die Bohrung (B) geführt wird, wobei bei diesem zweiten Durchgang die Abschreckung der erhitzten Innenfläche (30a, 32a) hinter der Induktorvorrichtung (C) erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktorvorrichtung (C) bei den beiden Durchgängen durch die Bohrung (B) des vertikal angeordneten Werkstücks (A) bewegt wird, wobei sie zweckmäßig beim ersten Durchgang von oben nach unten und beim zweiten Durchgang von unten nach oben die Bohrung (B) durchläuft.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß beim ersten Durchgang der Induktorvorrichtung (C) durch die Bohrung (B) kein Abschreckmedium auf die

erhitzte Innenfläche (30a, 32a) aufgebracht wird.

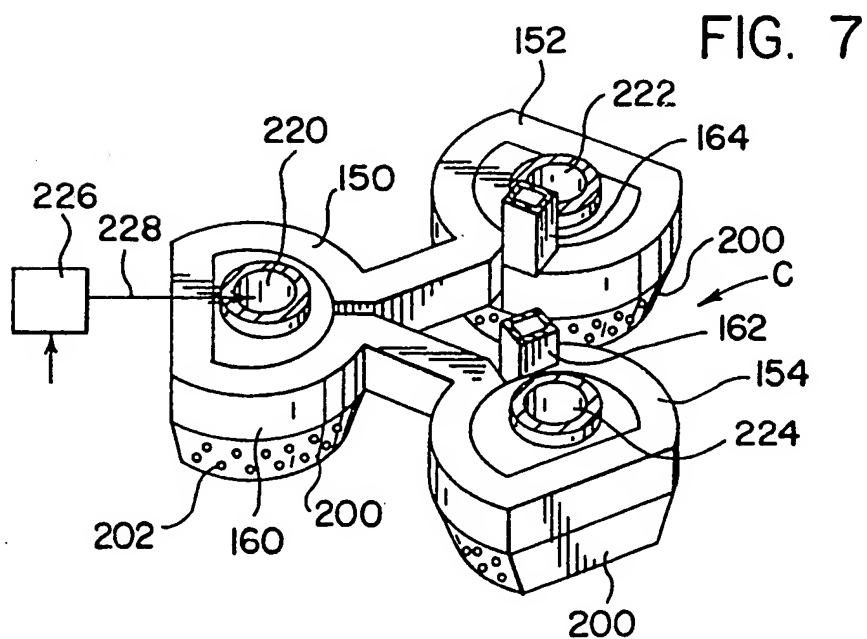
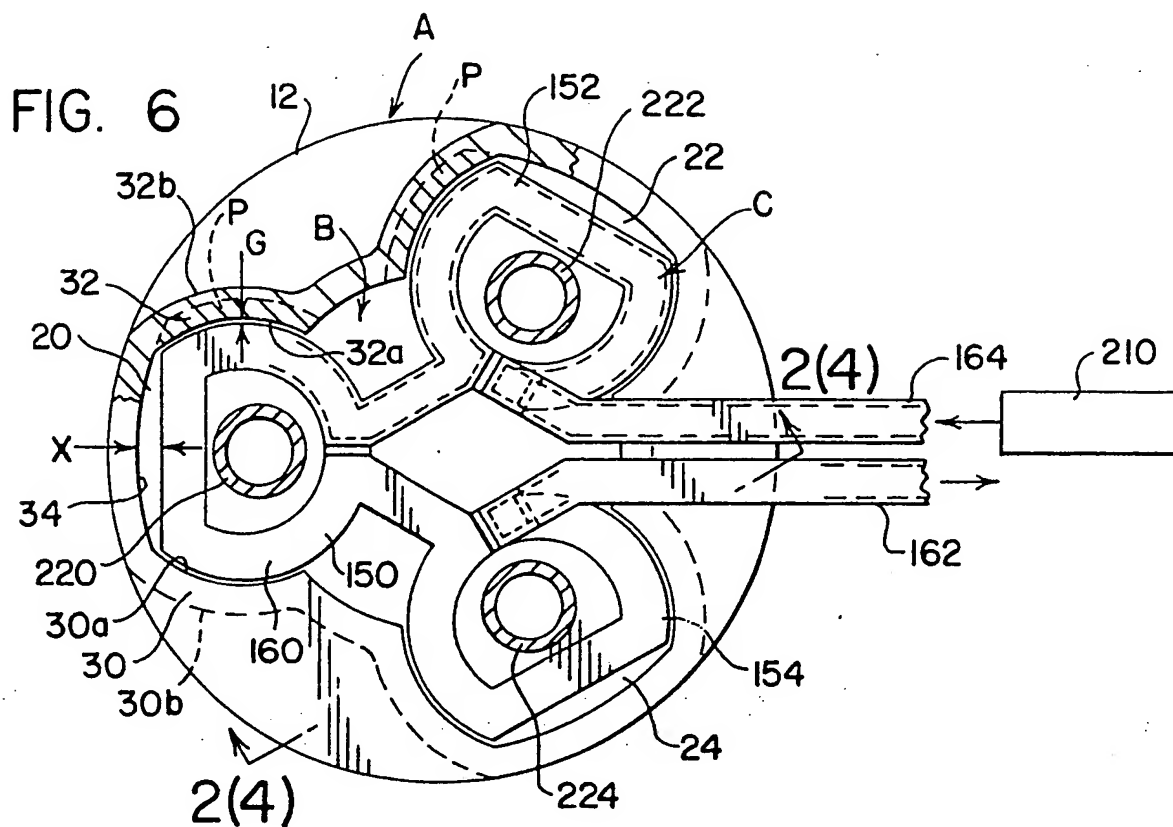
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkstück-Außenfläche (30b, 32b) während des ersten Durchgangs und/oder während des zweiten Durchgangs der Induktorvorrichtung (C), vorzugsweise während beider Durchgänge, zumindest auf Teilbereichen mit dem Abschreckmedium beaufschlagt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktorvorrichtung (C) während des zweiten Durchgangs mit derselben Stromleistung und/oder Stromfrequenz betrieben wird wie während des ersten Durchgangs.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Strombeaufschlagung der Induktorvorrichtung (C) beim ersten Durchgang erst nach dem Eintauchen der Induktorvorrichtung in die Bohrung (B) des Werkstücks (A) vorgenommen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß beim zweiten Durchgang die Induktorvorrichtung (C) mit einer gegenüber dem ersten Durchgang abweichenden Stromleistung beaufschlagt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die linearen Durchführungsgeschwindigkeiten der Induktorvorrichtung (C) beim ersten und zweiten Durchgang unterschiedlich eingestellt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchführungsgeschwindigkeit der Induktorvorrichtung (C) beim ersten Durchgang kleiner eingestellt

wird als beim zweiten Durchgang.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktorvorrichtung (C) beim zweiten Durchgang mit höherer Stromleistung beaufschlagt wird als beim ersten Durchgang.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück (A) gegenüber der stationären Induktorvorrichtung (C) bewegt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß vor Beginn des zweiten Durchgangs der zu härtenden Werkstück-Innenfläche (30a, 32a) über eine bestimmte Zeitspanne hinweg Gelegenheit zur Abkühlung gegeben wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß langgestreckte, im wesentlichen parallele Flächenbereiche (30a, 32a) der Werkstück-Innenfläche gehärtet werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine Induktorvorrichtung (C) verwendet wird, die nur teilweise der Querschnittsform der Bohrung (B) angepaßt ist.
15. Verfahren zum Vorbereiten eines zu härtenden länglichen und dünnwandigen Werkstücks, welches eine axiale Außenfläche und eine von einer axialen Bohrung od.dgl. gebildete axiale Innenfläche aufweist, wobei die Bohrung quer zur Werkstückachse und zur Achse der Bohrung eine gleichmäßige Querschnittsform aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß eine der Bohrung (B) angepaßte strombeaufschlagte Induktorvorrichtung (C) unter induktiver Erwärmung der Innenfläche (30a, 32a) axial durch die Bohrung (B) hindurchgeführt wird, wobei gleichzei-

tig lediglich die Außenfläche (30b, 32b) des Werkstücks (A) mittels eines flüssigen Abschreckmediums abgeschreckt wird.

16. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15, mit einer Induktorvorrichtung, die der axialen Bohrung des dünnwandigen Werkstücks angepaßt, aber kleiner ist als die Querschnittsform der Bohrung, und mit einer Vorrichtung zur Beaufschlagung der Induktorvorrichtung mit Strom mit vorgegebener Frequenz und Stromleistung, dadurch gekennzeichnet, daß ein Werkstücksupport (100) zur Halterung des Werkstücks (A) mit vertikaler Achslage sowie eine Vorrichtung (250) zur Bewegung der strombeaufschlagten Induktorvorrichtung (C) durch die Bohrung (B) von oben nach unten sowie von unten nach oben vorgesehen sind, und daß eine die erhitzte Werkstück-Innenfläche (30a, 32a) nur bei der Bewegung der Induktorvorrichtung (C) von unten nach oben unmittelbar hinter der Induktorvorrichtung mit flüssigem Abschreckmedium beaufschlagende, vorzugsweise an der Induktorvorrichtung angeordnete Abschreckvorrichtung (200) vorgesehen ist.
17. Einrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß eine, vorzugsweise aus einem Abschreckring bestehende Abschreckvorrichtung (130) zur wahlweisen Beaufschlagung der axialen Werkstück-Außenfläche vorgesehen ist.



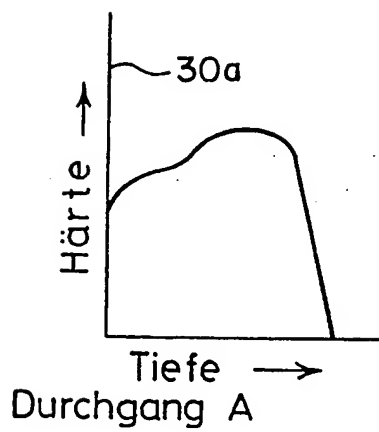


FIG. 8

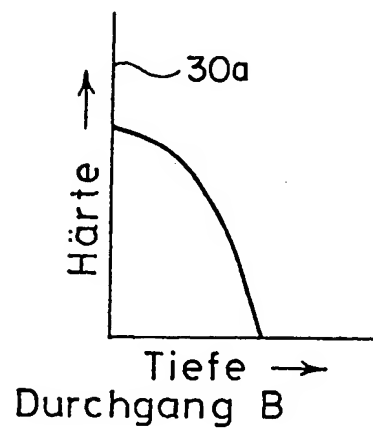


FIG. 9



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0070409
Nummer der Anmeldung

EP 82 10 5568

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 3)
A	DE-A-1 533 955 (A.E.G.) ---		C 21 D 1/10 C 21 D 9/14
A	DE-A-1 433 721 (D.E.W. et al.) ---		
A	DE-C- 959 101 (A.E.G.) ---		
A	DE-C- 540 920 (F. KLOPP) ---		
A	GB-A- 620 386 (BUDD) ---		
A	US-A-2 076 515 (A.B. KINZEL) -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 3)
			C 21 D
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 28-10-1982	Prüfer MOLLET G.H.J.
<div><div>EPA Form 1503 03 82</div><div><p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</p><p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</p><p>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</p><p>A : technologischer Hintergrund</p><p>O : mündliche Offenbarung</p><p>P : Zwischenliteratur</p><p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</p></div><div><p>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p><p>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</p><p>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</p><p>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p></div></div>			